

Харківська державна академія залізничного транспорту

Зайцев Володимир Олександрович

УДК 629.424.1

**Удосконалення технології контролю та діагностування
гільз циліндрів тепловозних дизелів**

05.22.07 – Рухомий склад залізниць та тяга поїздів

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2002

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Вступ. Роботи по визначенню працездатності циліндрових гільз тепловозних дизелів типу Д100 були розгорнуті спільними дослідженнями фахівців Одеської залізниці, заводу ім. Малишева і кафедри ЕРРС ХІТу в 1988р. Особливу актуальність ці роботи набули у дійсний час з наступних причин:

- на Україні весь парк тепловозів типу ТЭ10 з дизелями 10Д100 зосереджений на Одеській залізниці;

- на цей момент приписний парк тепловозів Одеської залізниці має пробіг до 0,9-1,7 млн. км від побудови і проходить усі види деповських і капітальних ремонтів.

- необхідність визначення ресурсу лімітуючих надійність вузлів, зокрема циліндрових гільз, і розробка ефективних заходів щодо його подовження, особливо з урахуванням застосування РВС-технологій.

Це у свою чергу вимагає розробку науково-обґрунтованих підходів і методичних основ удосконалювання технології контролю і діагностування гільз циліндрів тепловозних дизелів.

Актуальність теми дисертації зумовлена необхідністю вирішення наукової задачі удосконалення технології контролю та діагностування гільз циліндрів тепловозних дизелів. При цьому, на залізницях України понад 30% парку тепловозів обладнані дизелями типу 10Д100, які в перспективі підлягають заміні на дизелі типу Д80. Тому наукова задача пошуку та обґрунтування зменшення зносу та його контролю має актуальне значення. Крім того, наказом Укрзалізниці №567-Ц від 24.10.01р. "Про впровадження системи контролю якості продукції, яка придбається для потреб залізничного транспорту України", передбачений обов'язковий вхідний контроль, в тому числі й 20% гільз циліндрів тепловозних дизелів. Це також потребує доопрацювання статистичних та інструментальних методів контролю стану гільз циліндрів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційна робота виконана на кафедрі "Експлуатація та ремонт рухомого складу" Харківської державної академії залізничного транспорту в період 1988-2001р.р. відповідно до планів науково-дослідних робіт академії, що проводяться згідно з Державними і галузевими програмами та висвітлені в звітах: "Совершенствование технологии обслуживания и ремонта локомотивов путем внедрения прогрессивных средств контроля"

(№ГР0194U001109, 1993р., 123с.); “Разработка и изготовление автоматизированной системы сбора и обработки информации о работе оборудования ТПС” (№ГР0195U011606, 1995-1996рр., 147с.); “Научное обоснование новой системы сервисного обслуживания и ремонта дизель и электропоездов” (№ГР0195U013377, 1995-1997рр., 96с.); “Проведение комплекса исследовательских работ, обеспечивающего назначенные ресурсы в эксплуатации дизель-генераторов 10Д100М1 и 10Д100М2 в опорных депо” (№ГР01870024033, 1989, 186с.; №ГР01900035276, 1990, 107с.); “Наукове обґрунтування реалізації концепції розвитку систем діагностування в локомотивному господарстві залізниць України” (№ДР0101U002465, 2000-2001рр., 88с.).

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є підвищення ефективності роботи дизелів тепловозів на підставі розробки наукової задачі удосконалення технології контролю та діагностування гільз циліндрів.

Виходячи з цього в дисертації поставлені слідуючі задачі:

- провести аналіз робіт і методів оцінки ресурсу гільз циліндрів тепловозних дизелів;
- формалізувати задачу визначення ресурсу гільз по зносостійкості і побічним факторам (витратам на ремонт, паливо і масло);
- визначити залежність зносу робочої поверхні гільз від терміну їх служби;
- науково обґрунтувати оцінку впливу РВС - технологій на ефективність роботи тепловозних дизелів в експлуатації;
- отримати експлуатаційні параметри роботи дизелів за допомогою автоматизованої системи збирання і обробки інформації (АСЗОІ);
- доопрацювати технології контролю стану гільз циліндрів щодо їх об'єктивності за рахунок впровадження сучасних приладів та приборів;
- доробити методи інструментального контролю та діагностування циліндрових гільз реостатними і безреостатними методами;
- науково обґрунтувати визначення доцільності результатів дослідження.

Об'єкт дослідження – є знос і оцінка ресурсу гільз циліндрів та доопрацювання методів їх контролю.

Предметом дослідження є узагальнення закономірностей зміни ресурсу гільз циліндрів тепловозних дизелів при експлуатації з різними технологіями їх ремонту.

Методи дослідження. Для досягнення поставленої мети використані: аналіз і узагальнення даних науково-технічної літератури по прогнозуванню стану машин і механізмів; методи теорії імовірностей та математичної статистики, триботехніки і теорії відновлення. Експериментальні дослідження з використанням інструментального контролю та діагностичних перевірок застосовані на тепловозах, які працюють на Одеській залізниці.

Наукова новизна одержаних результатів. Вирішена наукова задача розробки і удосконалення комплексної технології контролю та діагностування гільз циліндрів тепловозних дизелів, яка полягає у наступному:

- виконана оцінка надійності роботи циліндрових гільз з визначенням факторів, впливаючих на зносостійкість робочої поверхні на весь життєвий цикл;
- розроблена комплексна модель визначення і прогнозування зносу гільз циліндрів з урахуванням витрат на ремонт, паливо і масло;
- отримані залежності зносу циліндрових гільз від пробігу між ремонтами, які дають змогу прогнозувати термін їх роботи на подальший період;
- запропоновані моделі оцінки доцільності впровадження технологій відновлення циліндрових гільз на основі РВС – технологій, що дає змогу визначити ресурс їх роботи;
- доопрацьовані методи діагностування циліндро-поршневої групи (ЦПГ) дизелів по щільності та при безреостатних вимірюваннях;
- за допомогою АСЗОІ отримані експлуатаційні параметри, що дозволяють оцінювати розбіжність характеристик дизелів отремонтованих за різними технологіями;
- доопрацьовано метод розпізнавання образів, щодо оцінки технічного стану ЦПГ за інформацією спектрального аналізу дизельного масла;
- запропонована модель оцінки ефективності контролю при обробці робочої поверхні гільз, яка базується на положеннях теорії масового обслуговування.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій. Поставлена у дисертації задача вдосконалення технології контролю і діагностування гільз циліндрів тепловозних дизелів вирішувалась з допомогою нових підходів щодо одержання аналітичними і експериментальними методами інформації про технічний стан лімітуючих вузлів. Обґрунтованість

наукових положень базується на викладках, які поєднують отримані теоретичні результати з експериментальними дослідженнями та адекватністю висновків. Усі висновки досить повно розкривають суть питання, шляхи його вирішення, отримані результати та їх адекватність між теоретичними і експериментальними даними.

Наукове значення роботи полягає в можливості використання розробленої комплексної моделі визначення ресурсу циліндрових гільз тепловозних дизелів, методів оцінки ефективності контролю та діагностування для інших лімітуючих надійність вузлів та деталей рухомого складу залізниць України. Крім цього розроблені теоретичні положення впроваджені в учбовий процес для спеціалістів та магістрів за фахом "Рухомий склад та спеціальна техніка залізничного транспорту".

Практичне значення отриманих результатів. полягає в наступному:

- запропонована комплексна методика досліджень зносу циліндрових гільз, яка дозволяє прогнозувати їх остаточний ресурс;
- результати досліджень стали підставою для коректування технології ремонту дизелів типу 10Д100;
- розроблені і впроваджені технології інструментальних методів контролю і діагностування, які дають змогу отримувати достовірну інформацію про технічний стан циліндрових гільз;
- розроблена технологічна оснастка та пристрої використання РВС-технологій при відновленні робочої поверхні гільз.

Особистий внесок здобувача:

- вніс доповнення в існуючі методи аналізу надійності роботи гільз циліндрів тепловозних дизелів на підставі інформації, отриманої за допомогою розроблених пристроїв та доопрацювання аналітичних та статистичних методів;
- запропонував формалізацію задач визначення ресурсу гільз в залежності від витрат на ремонт, паливо і змазку;
- отримав залежності зносу робочої поверхні гільз циліндрів, що дозволяють прогнозувати їх подальший ресурс роботи;
- в працях [2,3] запропонована методика прогнозування технічного стану, в працях [4,5] – виконані розрахунки і запропоновані відповідні заходи.

Апробація результатів дисертації. Основні положення

дисертаційної роботи докладені та обговорені на:

- міжнародних конференціях "Проблеми рейкового транспорту" 1998, 1999, 2000, 2001 роки (Крим, Алушта, Ялта);
- науково-технічних конференціях кафедр Харківської державної академії залізничного транспорту та спеціалістів залізничного транспорту (з міжнародною участю), Харків 1998, 1999, 2000, 2001 роки.

Повністю дисертаційна робота докладалась на розширеному засіданні кафедри ЕРРС ХарДАЗТ з участю членів спеціалізованої вченої ради (2002 р.).

Публікації. Основні результати дослідження опубліковані в п'яти статтях в фахових виданнях і одному авторському свідоцтві на винахід.

Структура роботи. Дисертація складається з вступу, п'яти розділів, висновку і містить 123 сторінки тексту, 19 ілюстрації, 8 таблиць, списку використаних джерел, що включають 96 найменувань і 9 сторінок додатків.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтована необхідність проведення досліджень по удосконаленню технології контролю та діагностування гільз циліндрів тепловозних дизелів. Доводяться актуальність, зв'язок роботи з науковими програмами, ціль і задачі, методи дослідження, наукова новизна і значення роботи, обґрунтованість і достовірність, практичне значення, особистий внесок здобувача, апробація результатів і публікації, структурно-логічна схема дисертації.

Розділ 1 присвячений аналізу зносу циліндрових гільз тепловозних дизелів. Він містить матеріали розвитку системи обслуговування та ремонту локомотивів, оцінку зносостійкості ЦПГ, інформаційне і методичне забезпечення оцінки експлуатаційної ефективності тепловозних дизелів.

У останні роки в науково-дослідних організаціях, ВУЗах і на залізницях виконаний ряд досліджень, спрямованих на підвищення надійності і паливної економічності локомотивів за рахунок прогнозування технічного стану лімітуючих вузлів і впровадження методів та засобів діагностики.

Проведений аналіз стану парка та його старіння показав, що модернізація дизелів, в першу чергу типу 10Д100, деталей і вузлів, функціонуючих в умовах активного термодинамічного впливу і тертя (гільзи циліндрів, поршні, шатунні і корінні вкладиші, шийки колінчастих валів і ін.) не могла не відобразитися на довговічності цих деталей і

дизелів у цілому. Визначення їх подальшої роботоздатності вимагають проведення комплексного аналізу впливання окремих заходів на ресурс, наукового обґрунтування задач удосконалення технології контролю та діагностування лімітуючих пар тертя.

Для подовження ресурсу циліндрових гільз запропоновано використовувати технології обробки складом НІОД - направленої іонної дифузії (РВС технології). В основі її лежить можливість триботехнічних сполук (модифікаторів поверхні тертя) за певними умовами дифундувати в глибину поверхневого шару металів. Використання цієї технології для циліндрових гільз за даними перспектив може дати:

- утворювати на робочій поверхні захисні металокерамічні покриття, що мають унікальні властивості (низький коефіцієнт тертя, високі фізико-хімічні характеристики, низький коефіцієнт теплопровідності, високу антикорозійну стійкість);
- відновлювати робочу поверхню шляхом нарощування металокерамічного покриття до початкових розмірів;
- виправляти дефекти поверхонь і порушень геометрії поверхонь деталей пар тертя.

Це викликає додаткову необхідність вдосконалення технології контролю та діагностування гільз циліндрів дизелів тепловозів. На підставі цього аналізу сформульовані ціль і задачі дослідження.

У **розділі 2** запропонована комплексна модель оцінки ресурсу циліндрових гільз на різних стадіях життєвого циклу, тобто визначення зміни величин зносу δ , швидкості V і прискорення W в функції часу роботи t у періоди припрацювання (I), нормальної експлуатації (II) і інтенсивного зносу (III), геометрична інтерпретація якої представлена на рис.1.

Формалізацію оцінки зносу в період I запропоновано проводити виходячи із залежності

$$I_h = k \cdot \Phi_{cm}^x \cdot \Phi_{nc}^y \cdot \Phi_{ш}^z \cdot \Phi_{вр}^\gamma \cdot \Phi_{ф.х.}^\varphi \quad (1)$$

як для пар тертя із зворотно-поступовим ковзанням. У цьому виразі Φ_{cm}^x визначає відносну товщину змащувального шару, Φ_{nc}^y - напруження стану в контакті, $\Phi_{ш}^z$ - критерій шорсткості, $\Phi_{вр}^\gamma$ - тимчасові характеристики контакту, $\Phi_{ф.х.}^\varphi$ - комплекс показників фізико-хімічних процесів. Величини $k, x, y, z, \gamma, \varphi$ можна визначити шляхом спеціальних експериментів у лабораторних умовах.

Для формалізації періоду (II) роботи гільз запропоновано (якщо умови роботи досить стабільні і швидкість зношування

можна вважати постійною) термін служби нормальної експлуатації визначають як

$$t_{\max} = \frac{\delta_{\max}}{\bar{V}}, \quad (2)$$

де δ_{\max} – допустима величина зносу; \bar{V} – середня швидкість зношування. Цю залежність можна застосувати коли зноси досягають значення δ_{\max} . Якщо прийняти тривалість міжремонтного періоду t_p , то за цей час знос збільшиться на величину ($\bar{V} \cdot t_p$) і гільзу необхідно замінити, якщо її знос лежить у межах

$$\delta_{\max} > \delta > (\delta_{\max} - \bar{V} \cdot t_p). \quad (3)$$

Значення допустимого зносу, починаючи з якого при поточних ремонтах необхідно ремонтувати гільзу визначиться як

$$\delta_{\text{дон}} = \delta_{\max} - \bar{V} \cdot t_p. \quad (4)$$

Якщо даний поточний ремонт є N -м з моменту останнього ремонту, то формула для підрахунку допустимого зносу буде мати вигляд

$$\delta_{\text{дон}} = \frac{N}{N+1} \cdot \delta_{\max}. \quad (5)$$

Дійсний термін служби t_d гільз для періоду нормальної експлуатації запропоновано визначати слідуючим чином

$$t_d = \frac{\delta_{\text{дон}}}{\bar{V}} = \frac{\delta_{\max}}{\bar{V}} \cdot \frac{N}{N+1}. \quad (6)$$

На підставі обробки статистичного матеріалу отримані аналітичні залежності верхнього $V_{\text{в.д.}}$ і нижнього $V_{\text{н.д.}}$ інтервалів зносу для періоду II (рис.2)

$$V_{\text{в.д.}} = 10^{0,0024t-1,91}, \quad (7)$$

$$V_{\text{н.д.}} = 0,0875 - 1,016t. \quad (8)$$

Для періоду (III) інтенсивного зносу прийнята аналітична залежність прирощування $\Delta\delta$

$$\Delta\delta = (\bar{\delta} + h) \cdot 10^{\frac{t+t_2}{A}} + h, \quad (9)$$

де $\bar{\delta}$ - середній знос робочої поверхні циліндрових гільз; h – коефіцієнт зсування кривої відповідно початку координат; A – коефіцієнт довговічності, який визначає форму прогнозуючої кривої. В нашій задачі – це експонента.

Ураховуючи, що на знос робочої поверхні циліндрових гільз значний вплив здійснюють фактори витрат палива Q_{Π} , масла Q_M і витрати на ремонт $Q_{ТОР}$ з урахуванням нижнього $t_{н.д.}$ і верхнього $t_{в.д.}$ значення розвитку зносу була запропонована прогнозуюча залежність

$$\delta = (A \cdot \ln \frac{t_{доод} + h}{h + t_{в.д.} + t_{н.д.} \cdot \tau} + t_{н.д.}) \cdot Q, \quad (10)$$

де $t_{доод}$ – додатковий ресурс гільзи, одержаний за допомогою РВС-технологій; τ - поправочний коефіцієнт; Q – цільова функція загальних витрат на паливо, масло і поточні ремонти, яка визначалась як

$$Q = f(Q_{\Pi}; Q_M; Q_{ТОР}). \quad (11)$$

Отримані аналітичні залежності для прогнозування терміну служби поверхні циліндрових гільз на етапі їх інтенсивного зносу (рис.2).

Розділ 3 присвячено технологіям відновленню робочої поверхні циліндрових гільз, прогнозуванню показників щільності ЦПГ, доопрацюванню методу безреостатної діагностики дизелів та методу контролю з діагностикою дизелів на базі інформації спектрального аналізу дизельного масла.

На підставі вивчення питань впровадження РВС-технологій в інших галузях була запропонована технологія обробки робочих поверхонь гільз, яка складається з трьох фаз: пасивація, іонна дифузія, нарощування металокерамічного покриття. Для підвищення об'єктивності контролю гільз при їх обробці ніодуванням розроблені дослідні зразки електронних внутрішньовимірювача та товщинувимірювача

Для контролю ЦПГ до і після обробки за РВС-технологією запропоновано доопрацювати методи визначення щільності та

отримання характеристик дизелів безреостатним навантаженням з вимиканням з роботи 0,5 кількості циліндрів, а також обробки інформації стану дизельного масла.

Оцінка щільності ЦПГ виконувалася по мінімальній швидкості зміни тиску на лінії стискання. При цьому проаналізовані осцилограми, зняті при роботі дизеля 10Д100 на режимі $n=850$ хв⁻¹ при різній щільності циліндрів. Отримано що максимальна швидкість наростання тиску у випадку нормальної щільності і зниженої щільності відповідає куту повороту нижнього колінчастого вала 17-18°. Цей кут знаходиться до початку стискання палива приблизно за 14-15° повороту колінчастого вала (п.к.в.). Це дозволило зробити оцінку щільності без відключення циліндра. При нормальній щільності ($P_e/P_s=0,37$)

$$\left(\frac{\Delta P}{\Delta \varphi} \right)_{\max} = 0,28 \text{ МПа}/^\circ, \text{ п.к.в.} \quad (12)$$

де P_e - тиск у циліндрі дизеля; P_s – тиск у повітряному ресивері.
При зниженій щільності ($P_e/P_s=0,32$)

$$\left(\frac{\Delta P}{\Delta \varphi} \right)_{\max} = 0,24 \text{ МПа}/^\circ, \text{ п.к.в.} \quad (13)$$

Поряд з цим визначався узагальнений діагностичний параметр – герметичності ЦПГ. Для нього була прийнята величина щільності Π , як відношення тисків

$$\Pi = \frac{P_u}{P_o}, \quad (14)$$

де P_u – тиск повітря у досліджуємому циліндрі, Мпа; P_o – тиск повітря перед пристроєм для перевірки щільності ЦПГ, Мпа.

Рівноцінна потужність, яка реалізується в процесі експлуатації у кожному циліндрі, є одною із умов економічної і надійної роботи дизеля. Для її визначення тепловоз необхідно встановлювати на реостат для визначення основних параметрі енергосилової установки. Для імітації реостатного навантаження і зберігання при цьому достатньої рівноважності дизеля 10Д100 дороблений метод безреостатної діагностики, який у свій час був створений на кафедрі ЕРРС ХІПТУ, в частині обліку індивідуальних параметрів циліндрів.

На підставі цього виконаний аналіз зміни величин температур

випускних газів t_{62} , максимального тиску згоряння P_z і ряду інших параметрів на 15 позиції контролера при реостатному і безреостатному навантаженні циліндрів. Встановлено, що характер зміни t_{62} , P_z практично однаковий при різних засобах навантаження циліндрів. При реостатному навантаженні максимальна різниця тисків згоряння склала по циліндрам порядку 9 кг/см², а при безреостатному навантаженні – 15 кг/см². Зміни температури випускних газів і максимальних тисків згоряння дозволили виявити помітні порушення регулювання паливної апаратури (кут випередження подавання палива, вихід рейки паливних насосів і ін.). Безреостатне навантаження циліндрів дозволило визначити по показникам температури випускних газів і максимальних тисків згоряння нерівномірність роботи циліндрів, а, отже, і можливі порушення регулювань паливної апаратури.

Середні значення щільності ЦПГ, отримані в порівнянні на секціях тепловозів, гільзи яких були оброблені РВС-технологією, та серійних секцій наведено на рис.3. Щодо характеристик, отриманих в порівнянні реостатними та безреостатними вимірюваннями – організований постійний контроль цієї інформації.

Для інтегральної оцінки ступеню зносу циліндрових гільз, які були оброблені ніодуванням та без нього, було запропоновано використання даних спектрального аналізу дизельного масла. Обробка статистичної інформації проводилася з використанням байєсівського підходу до вирішення задачі розпізнавання, тобто розраховуючи умовні апостеріорні імовірності прийняття рішень на основі порівняння їх величин. В загальному випадку, якщо кількість класів більше двох і припустимо дорівнює m , то апостеріорна імовірність віднесена до Θ -го класу визначиться як

$$P(\Theta_i / x) = \frac{P(\Theta_i) \cdot f_i(x^o)}{\sum_{i=1}^m P(\Theta_i) \cdot f_i(x^o)}. \quad (15)$$

Для цієї задачі цей вираз можна представити у вигляді

$$P(x_k^j / Z_k^i) = \frac{P(x_l^j) \cdot \prod_{i=1}^n (Z_k^i / x_l^j)}{\sum_{l=1}^m P(x_l^j) \cdot \prod_{i=1}^n (Z_k^i / x_l^j)}, \quad (16)$$

де x – символ становища; j, l – ознаки становища; Z – символ параметра; i, k – ознаки параметра.

Використання ПЕОМ дозволяє системі розпізнавання розраховувати діагностичний коефіцієнт

$$M = \frac{\sum_{k=1}^m a_{ik}^{jl}}{\sum_{k=1}^m a_{ik}^{jl}} \cdot \prod_{i=1}^n \frac{a_{i=1ik}^{jl} \sum_{k=1}^m a_{ik}^{jl}}{a_{i=2ik}^{jl} \sum_{k=1}^m a_{ik}^{jl}}, \quad (17)$$

де a_{ik}^{jl} - кількість випадків становищ l вузла j при знаходженні параметра i в діапазоні k ; i, j, k, l - ознаки відповідних параметрів i , несправностей j , ознак k , становищ l ; m - кількість ознак параметра; n - кількість контролюємих параметрів.

Задача визначення остаточного ресурсу за результатами аналізу масла зводиться до звичайної задачі прогнозування функції екстраполяційним методом за відомими реалізаціями параметрів. Прогнозуєму функцію розраховували через вимірюємі параметри (концентрації елементів зносу) як

$$G(t) = \int_0^t g(t) dt, \quad (18)$$

$$g = G_M \frac{dK}{dt} + \chi \cdot K, \quad (19)$$

де g - швидкість надходження елементів зносу в масло;
 G_M - вага масла в картері дизеля;
 K - концентрація елементів зносу в маслі;
 t - величина пробігу тепловоза;
 χ - функція масообміну в дизелі.

За попередніми даними на секціях тепловозів, гільзи яких були оброблені РВС-технологіями, визначається тенденція зменшення величин концентрації елементів зносу, але для нормування показників ще недостатній обсяг інформації. Це стало передумовою для створення і впровадження автоматизованої системи збирання і обробки експлуатаційної інформації (АЗСОІ) про технічний та теплотехнічний стан енергосилових установок тепловозів.

У **4 розділі** для реалізації теоретичних положень приведені організаційно-технічні заходи щодо вдосконалення технології контролю і діагностування циліндрових гільз тепловозних дизелів. Крім статистичних запропоновані інструментальні і апаратні методи контролю параметрів ЦПГ. Вони включають до себе діагностичні і контрольно-вимірювальні прилади - визначення щільності ЦПГ;

товщини шару покриття РВС; волоконно оптичні ендоскопи для огляду і візуального контролю стану обладнання у важкодоступних місцях; інфрачервоні пірометри для дистанційного вимірювання температури; пристрої оцінки рівня вібрації і шуму; електронні внутрішньовимірювачі. З допомогою технічних засобів діагностування у базових локомотивних депо отримані дані відсотка відхилень вихідних параметрів (у межах 8-10%).

Для одержання даних при зупиненому локомотиві розроблена мікропроцесорна автоматизована система збору та обробки інформації (АСЗОІ). Сформульовані вимоги до складу та архітектури АСЗОІ, а також до прикладного програмного забезпечення. Запропоновано гнучку структурну схему АСЗОІ, що дозволяє під час експлуатації проводити реєстрацію і накопичення інформації від штатних датчиків на локомотивах. Отримані залежності на дослідному парку тепловозів використання потужності та випрацьованої енергії дизелів в функції часу, питомих витрат дизельного пального секцій тепловозів з обробленими циліндровими гільзами за РВС-технологією.

В розділі 5 наведена оцінка ефективності контролю при ремонті і відновленні робочої поверхні циліндрових гільз як для тепловозів типу ТЕ10, так і для тепловозів ЧМЕЗ та дизель-поїздів Д1. Для цих цілей на Одеській залізниці під керівництвом автора та його безпосередній участі створений спеціалізований цех, обладнаний установкою ніодування і передбачаючий упровадження рекомендацій по вдосконаленню контролю і діагностики. Оскільки циліндрові гільзи мають різну конструкцію, різні величини зносу у середньому та по поясам, вимагають індивідуальний підхід до призначення технології, виникає задача оптимізувати імовірностну структуру процесів для скорочення кінцевих витрат часу і коштів. На підставі цього сформульована наукова постановка задачі визначення пропускної здатності ділянки ніодування. Використовуючи положення теорії масового обслуговування отримані основні характеристики роботи обладнання по відновленню циліндрових гільз. Визначена пропускна здатність ділянки, яка складає 1,5 циліндрові гільзи за годину, а коефіцієнт завантаження обладнання дорівнює 0,98. Висунуті пропозиції щодо покращення роботи ділянки і підвищення її ефективності за рахунок удосконалення контролю та діагностування гільз циліндрів.

ВИСНОВКИ

Підсумовуючи результати виконаного дослідження можна

затвердити, що поставлена мета вирішена – досягнені позитивні результати випробувань нових технологій на підставі розробки наукової задачі удосконалення контролю та діагностування гільз циліндрів тепловозних дизелів.

Крім цього:

1. В роботі виконаний аналіз господарчої та наукової актуальності доцільності удосконалення технології контролю ЦПГ для підвищення ефективності роботи дизелів.

2. Розроблена комплексна модель оцінки ресурсу ЦПГ для всіх стадій життєвого циклу, яка базується на лінійних та експоненціальних залежностях зносу робочої поверхні з урахуванням показників ефективності.

3. Одержані аналітичні залежності прогнозування ресурсу циліндрових гільз на стадії їх інтенсивного зносу, де запропоновано дослідження впливу РВС – технологій на подовження ресурсу.

4. Для контролю працездатності та ефективності РВС – технологій доопрацьовано методи визначення щільності циліндрів, оцінки характеристик дизелів безреостатним навантаженням та використанням байєсівського підходу до вирішення задач розпізнавання по розрахункам діагностичного коефіцієнту щодо концентрації елементів зносу за даними спектрального аналізу дизельного масла.

5. Розроблені дослідні зразки електронних внутрішньовимірювача та товщиновимірювача, доопрацьована технологія контролю стану гільз циліндрів за рахунок впровадження волоконно-оптичних ендоскопів, інфрачервоних пірометрів, пристроїв оцінки рівня вібрації та шуму.

6. Виконана розробка мікропроцесорної автоматизованої системи збирання та обробки інформації (АЗСОІ), за допомогою якої отримані залежності використання потужності дизелів та випроцьованої енергії в функції часу, питомих витрат дизельного пального дослідними та серійними тепловозами.

7. Розроблене та впроваджене технологічне оснащення для обробки циліндрів РВС – технологіями, наведена модель оцінки ефективності контролю при ремонті та відновленні робочих поверхонь гільз на підставі теорії масового обслуговування.

8. Одержані залежності витрат пального та масел, витрат масла до витрат палива та відповідного зносу гільз та зазорів у стиках поршневих кілець; змін величин площин перетину випускних вікон від часу напрацювання, а також розподіл відхилень витрат палива та приросту в'язкості масла в функції пробігу тепловозів між поточними ремонтами ПР-3.

Основні положення дисертації опубліковані в роботах:

1. Бабанін О.Б., Резнік В.М., Зайцев В.О. Переносний електронний реєструючий комплекс // Міжвуз. зб. наук. праць / ХарДАЗТ, 1998. – Вип.34. – С.57-59.
2. Зайцев В.О. Інформаційне та методичне забезпечення оцінки експлуатаційної ефективності дизелів тепловозів // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2001. - №5. – С.51-53.
3. Зайцев В.О. Повышение качества информации при диагностировании тепловозных дизелей // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2001. - №6. – С.23-25.
4. Зайцев В.О. Оцінка зносостійкості циліндро-поршневої групи тепловозних дизелів // Міжвуз. зб. наук. праць / ХарДАЗТ, 2000. – Вип.46. – С.11-13.
5. Зайцев В.О. Методика визначення залежностей окремих показників експлуатаційної ефективності тепловозних дизелів // Зб. наук. праць / ХарДАЗТ, 2001. – Вип.47. – С.21-24.
6. А.С. 1599693 СССР / Устройство для диагностирования цилиндропоршневой группы двигателя с электрическим запуском. / Тартаковский Э.Д., Климов Г.Е., Каганский О.С., Зайцев В.О., Мальцев А.Н., Пузырь В.Г. Заявка №4605888. Зарегистрировано 15.06.1990.

АНОТАЦІЯ

Зайцев В.О. Удосконалення технології контролю та діагностування гільз циліндрів тепловозних дизелів. Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук по спеціальності 05.22.07 – "Рухомий склад залізниць та тяга поїздів", Харківська державна академія залізничного транспорту, 2002.

Дисертаційна робота присвячена питанням удосконалення технології контролю та діагностування гільз циліндрів тепловозних дизелів. Проведений аналіз робіт і методів оцінки ресурсу циліндрових гільз. Формалізована задача визначення ресурсу гільз по зносостійкості та побічним факторам (витратам на ремонт, паливо і масло). Визначена залежність зносу робочої поверхні та науково обґрунтована оцінка РВС – технологій на ефективність роботи тепловозних дизелів в експлуатації. Отримані експлуатаційні параметри роботи дизелів за допомогою автоматизованої системи збирання і обробки інформації. Дороблені і упроваджені методи інструментального контролю та діагностування циліндрових гільз

реостатними і безреостатними методами.

Ключові слова: відмова, діагностування, знос, контроль, локомотив, параметри, прогнозування, ресурс, технологія, циліндрова гільза.

АННОТАЦІЯ

Зайцев В.О. Усовершенствование технологии контроля и диагностирования гильз цилиндров тепловозных дизелей. Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.07 – "Подвижной состав железных дорог и тяга поездов", Харьковская государственная академия железнодорожного транспорта, 2002.

Диссертационная работа посвящена вопросом усовершенствование технологии контроля и диагностирование гильз цилиндров тепловозных дизелей. Проведен анализ работ и методов оценки ресурса цилиндровых гильз, который показал их низкую надежность в эксплуатации и недостаточный ресурс между текущими ремонтами ТР-3. Определена износостойкость рабочей поверхности гильз с привязкой ее к сроку службы.

Формализована задача определения ресурса гильз по износостойкости и побочным факторам (затратам на ремонт, топливо и масло). Предложена геометрическая интерпретация жизненного цикла цилиндровых гильз. Она включает в себя три основных этапа: приработочный, эксплуатационный и предельный. Для каждого из этапов предложены соответствующие зависимости, исходя из которых можно определять и прогнозировать величину износа цилиндровых гильз в зависимости от величины срока службы.

Определена зависимость износа рабочей поверхности и научно обоснована оценка РВС – технологий на эффективность работы тепловозных дизелей в эксплуатации. При этом получены основные факторы, которые обуславливают повышение ресурса цилиндровых обработанных по РВС – технологиям.

Получены эксплуатационные параметры работы дизелей с помощью автоматизированной системы сбора и обработки информации. Определено, что многие параметры локомотива во время проведения испытаний не поддаются непосредственным измерениям и подлежат определению их расчетным путем. Кроме того, правомочность проведения испытаний должна все время подтверждаться контролем целого ряда параметров, определяющих соответствие локомотива и его узлов требованиям технических условий. Поэтому к методике испытаний и используемой

аппаратуре предъявляется безусловное требование оперативной информативности и наглядности. Всеми этими качествами в достаточной степени обладает предложенная автоматизированная система.

Доработаны и внедрены методы инструментального контроля и диагностирования цилиндрических гильз релостатными и безрелостатными методами. Для этих целей разработаны опытные образцы электронных нутромера и толщиномера. Доработана технология контроля состояния гильз цилиндров за счет внедрения волоконно-оптических эндоскопов, инфракрасных пирометров, приборов для оценки уровня вибрации и шума.

Разработана и внедрена технологическая оснастка для обработки цилиндрических гильз РВС – технологиями.

Выполнена оценка эффективности контроля при ремонте и восстановлении рабочих поверхностей с использованием теории массового обслуживания.

Ключевые слова: отказ, диагностирование, износ, контроль, локомотив, параметры, прогнозирование, ресурс, технология, цилиндрическая гильза.

THE SUMMARY

Zaycev V.A. Improvement of technology of the control and diagnosing cartridge case of cylinders lokomotives of diesel engines. Manuscript.

The dissertation on competition of a scientific degree of the candidate of engineering science on a speciality 05.22.07 - "The rolling-stock of railway and draft of trains", Kharkov state academy of a railway transportation, Kharkov, 2002.

Dissertation the work is devoted by a question improvement of technology of the control and diagnosing cartridge case of cylinders lokomotives lokomotivesof diesel engines. The task of definition of a resource cartridge case on wear-out and collateral factors (expenses for repair, fuel and oil) is formalized. The dependence of deterioration of a working surface is certain and is scientific the estimation RVS - technologies on an overall performance lokomotives of diesel engines in operation is reasonable. Are modified and the methods of the tool control and diagnosings cylinders cartridge case rheostat and do not rheostat by methods are introduced.

Key words: failure, diagnosing, deterioration, control, locomotive, parameters, forecasting, resource, technology, cartridge case.